

Fusarium oxysporum f. sp. *cyclaminis*에 의한 시클라멘 시들음병 발생 및 저항성 품종 선발

김진영* · 김홍기¹ · 홍순성 · 김진원² · 박경열

경기도농업기술원, ¹충남대학교 농생물학과, ²서울시립대학교 환경원예학과

Occurrence of *Fusarium* wilt on *Cyclamen* Casued by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis* and Selection of Resistant Cultivars

Jin-Young Kim*, Hong-Gi Kim¹, Sun-Sung Hong, Jin-Won Kim² and Kyeong-Yeol Park

Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Hwasung 445-972, Korea

¹Department of Agricultural Biology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Department of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

(Received on June 12, 2003)

A wilt disease of commercial cyclamen (*Cyclamen persicum*) which grown in greenhouse was found in Gyeonggi province of Korea during the period from August, 2001 to July, 2002. The disease incidence was up to 42.7% in Kimpo, Gyeonggi province. The disease was more severe in ebb and flow irrigation system than conventional overhead flooding's. The wilted cyclamen plants showed the chlorosis of leaves and followed by the death. The vascular tissues of the infected basal stem and bulb were discolored with black streaks. The casual fungus was identified to be *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis* on the basis of mycological characteristics. Effect of infected soil showed 100% infection rate when the cyclamen plants were grown in potting with infested soil. Examine resistant cultivar showed 'Matis red', 'Schubert', 'Victoria' and 'Chopin' were the resistant cultivars but most of cultivars were susceptible to *Fusarium* wilt. The control effect of chemicals for cyclamen wilt was not much efficient to curative effects even though. Benomyl WP and Fludioxonil SC on the *Fusarium* wilt had only preventive effects by soil drenching in the pot before inoculation of *F. oxysporum*. This is the first report on the fusarium wilt of cyclamen caused by *F. oxysporum* f. sp. *cyclaminis* in Korea.

Keywords : *Cyclamen persicum*, fungicides, *Fusarium oxysporum*, resistant cultivar

시클라멘(*Cyclamen persicum*)은 지중해 연안이 원산지이며 앵초과의 구근 원예식물로써 17세기부터 유럽에서 재배하기 시작하여 분화 및 절화로 재배되고 있다. 우리나라에서는 경기도, 전남, 전북 등 전국적으로 재배 면적이 확대되고 있으며, 최근에는 겨울철 수출 분화 작물로 각광받고 있다.

시클라멘 병해는 국내에서 탄저병(김 등, 1997), 세균성 무름병(권 등, 2000), 잿빛곰팡이병(김 등, 2000)이 보고되어 있다. 최근 시설재배면적의 증가로 인하여 토양 전염성 병해가 증가하고 있다. *Fusarium*균에 의한 시클라

멘 시들음병은 미국을 비롯하여 이탈리아, 스페인, 프랑스 등 유럽전역에서 발생되어 문제시되고 있으며 병원균이 종피나 오염된 상토를 통해 전염되며 양액을 통한 병원균의 전염 가능성에 대해서도 검토한 바 있다(Tello *et al.*, 1986; Tompkins *et al.*, 1972; Rattink, 1983). 이 병원균은 토양속에 존재하며, 식물 뿌리와 도관부에 침입하여 생육을 지연시키거나 변색, 도관부 갈변 등을 야기하여 식물체를 고사시키고 한 번 발생하면 약제 방제가 매우 어려운 병해로 알려져 있다. 본 병의 방제를 위해서는 저항성 품종의 육성이나 생물학적 방제 방법 등이 다양하게 시도되고 있으나, 아직 그 성과는 뚜렷하지 않은 실정이다(Someya *et al.*, 2000).

따라서 이 연구에서는 경기도 지역의 주요 시클라멘 재배지역에서의 *Fusarium*균에 의한 시들음병 발생상황과

*Corresponding author

Phone)+82-31-229-5832, Fax)+82-31-229-5964

E-mail)kjy5122@kg21.net

피해를 조사하고, 시들음 증상과 황화증상을 보이는 시클라멘에서 분리한 *Fusarium* sp.를 동정하여 시들음병 발생을 국내 최초로 보고하고, 시들음병의 효과적인 방제약제와 저항성 품종을 선발하고자 수행하였다.

재료 및 방법

병발생 조사. 2001년 8월부터 2002년까지 7월에 걸쳐 경기도내 주요 시클라멘 재배지역인 김포, 화성, 파주등을 중심으로 시들음병 발생상황을 조사하기 위하여 시클라멘 농가당 200주씩 발병주율을 조사하였다. 발병도는 병 발생 정도에 따라 9등급으로 구분하여 조사하였다(0: 무발생, 1: 5% 미만, 2: 6~10%, 3: 10%~15%, 4: 16~20%, 5: 20~25%, 6: 26~30%, 7: 31~35%, 8: 36~40% 이상, 9: 41~45%).

병원균 분리. 지상부가 시들음 증상을 나타내며 잎이 황화되고 구근 갈변 증상을 보이는 시클라멘 구근부위를 흐르는 물로 씻은 후 구근 표면을 가볍게 화염 소독한 후 가위로 잘라 갈변 여부를 확인하였다. 균분리를 위해 갈변된 조직을 10 mm 정도 크기로 잘라 1% NaOCl 용액에 표면 살균하고 살균수로 3회 세척 후 멸균된 여과지에서 물기를 말린 다음 물한천배지(WA) 위에 치상하였다. 그리고 25°C 항온기에서 3일간 배양한 후 자란 균사의 선단부분을 떼내어 감자한천배지(PDA, Difco)에 옮겨 배양하였다.

병원성 검정. PDA에서 10일간 배양한 균총의 상층부를 긁어 모아 멸균수에 현탁하여 혈구계수기를 사용하여 2×10^6 conidia/ml로 농도를 조정한 후 포자 현탁액에 건전한 시클라멘 유묘를 10분간 침지 후 멸균된 피트모스 상토를 채운 10 cm 포트에 정식한 후 경기도농업기술원내 온실에서 재배하면서 병원성을 검정하였다.

오염상토에 의한 병 발생. *Fusarium* sp.에 오염된 상토를 통해 시들음병의 전염여부와 정도를 조사하기 위해 김포시 고촌면 시설하우스에서 시들음병 발생이 심한 농가의 상토를 채집하였다. 건전하게 육묘중인 시클라멘 어린묘를 이병토양에 이식하여 온실에 재배하면서 1일 2회씩 관수하면서 병 발생여부를 조사하였다.

병원균 동정. 분리된 *Fusarium* sp.의 형태적 특징을 조사하기 위해 분리된 균주를 Fisher 등(1982)이 개발한 카네이션 잎한천배지(carnation leaf agar; CLA)에 이식하였고, 병원균의 배양적 특성을 조사하기 위해 PDA에 이식한 후 25°C 항온기에서 15일간 배양하면서 균학적 특성을 관찰하였다. 이들 병원균의 형태적, 배양적 특성을 Nelson 등(1983)과 Burgess(1994)의 분류 key를 이용하여

Fusarium 종을 동정하였다.

저항성 품종 선발. 국내 시판중이거나 경기도농업기술원에서 수집한 34종의 시클라멘 품종들에 대해 분리된 병원균을 접종하여(Elmer, 2002) 저항성 여부를 조사하였다. 병원균 접종 방법은 천연보리를 물에 불린 다음 고압 멸균기로 살균 후 PDA 배지에 생육중인 병원균을 직경 5 mm 내외로 잘라 접종 후 매일 병원균과 배지가 잘 섞일 수 있도록 하여 28°C에서 10일간 배양하였다. 배양 후 보리천연배지를 멸균수와 1:1(v/v)으로 혼합하여 잘 섞은 후 직경 12 cm 시클라멘 포트당 20 ml씩 접종하였다. 접종 후 발병도 산정 기준은 시클라멘 잎과 구근에 나타나는 병징에 따라 다음 5단계로 구분하였다. 0: 무병징, 3: 하엽 황화, 5: 상하엽 황화 및 구근 부분 갈변, 7: 황화, 구근갈변, 시들음증상, 9: 완전 고사의 5단계로 구분하였다. 품종별 저항성 판별기준은 강(R): 0~1.9, 중(MR): 2.0~3.9, 약(S): 4.0~9.0의 3단계로 판정하였다.

방제약제 선발. *Fusarium*에 의한 시들음병 방제를 위한 사용 가능성이 높을 것으로 예상되는 베노밀 수화제(1,500배), 옥시동 수화제(500배), 다찌가렌 액제(500배), 아족시스트로빈 액상수화제(1,000배), 후루디옥소닐 액상수화제(2,000배) 등 5약제를 선정하여 방제 효과를 평가하였다. 평가 방법은 병원균 접종후 10일 후부터 방제 약제를 7일간격으로 3회에 걸쳐 분당 20 ml씩 관주처리하였다. 또한 약제의 예방효과를 검토하기 위하여 1회 약제 처리 3일 후에 병원균을 접종하여 방제 효과를 조사하였다. 발병도는 최종 약제처리 3일 후부터 품종 저항성 조사 기준(5단계)과 동일한 방법을 적용하여 발병도의 변화를 조사하여 방제가를 산정하였다.

결과 및 고찰

시클라멘 시들음병 발생. 시클라멘 시들음병 발생은 재배시기, 재배방법에 따라 다소 차이가 있었으나 조사 대상지역인 경기도 전역에서 발생이 확인되었다. 파주시 적성면은 발병주율이 2.5~31.7%였으며, 김포시 고촌면의 경우 42.7%까지 높은 발병주율을 보였다(Table 1). 발생이 심한 농가의 시클라멘은 잎이 황화되고(Fig. 1A) 전형적인 시들음 증상(Fig. 1B)을 일으키며 병이 진전되면 포기 전체가 완전 고사하고 줄기가 시드는 등 상품성이 낮아 판매가 불가능하였다. 이들 시들음증상을 나타내는 구근을 절단하면 구근 도관부가 심하게 갈변되어 있었으며 심한 경우는 구근 전체가 갈변되어 있었다(Fig. 1C). 시클라멘 재배방식은 대부분 양액재배와 저면 관수 방법을 이용하고 있었는데, 일반 지상 관수방법보다 저면식 관수

Table 1. The occurrence of fusarium wilt and main symptom on cyclamen in Gyeonggi Province of Korea

Year	Investation time	Area	Disease index	Infection rate (%)	Main symptoms
2001	Late Aug.	Icheon	1	2.7	LY, VD
	Early Oct.	Paju	2	5.3	LY, D
	Early Oct.	Kimpo	1	0.9	LY, VD
	Mid. Oct.	Hwasung	6	25.8	LY, VD, W, D
2002	Early Feb.	Paju	1	2.5	LY, VD
	Late Feb.	Kimpo	9	42.7	LY, VD, W, D
	Late May	Hwasung	1	1.7	LY, VD
	Late May	Icheon	2	5.9	LY
	Late May	Paju	7	31.7	LY, VD, W, D
	Early July	Kimpo	1	0.9	LY
	Late July	Seongnam	1	1.2	LY

^aDisease index is classified as infection rate. 0: none, 1: lower 5%, 2: 6~10%, 3: 10~15%, 4: 16~20%, 5: 20~25%, 6: 26~30%, 7: 31~35%, 8: 36~40%, 9: 41~45%.

^bLY: leaf yellowing, VD: vascular discoloration, W: wilting, D: plant death.

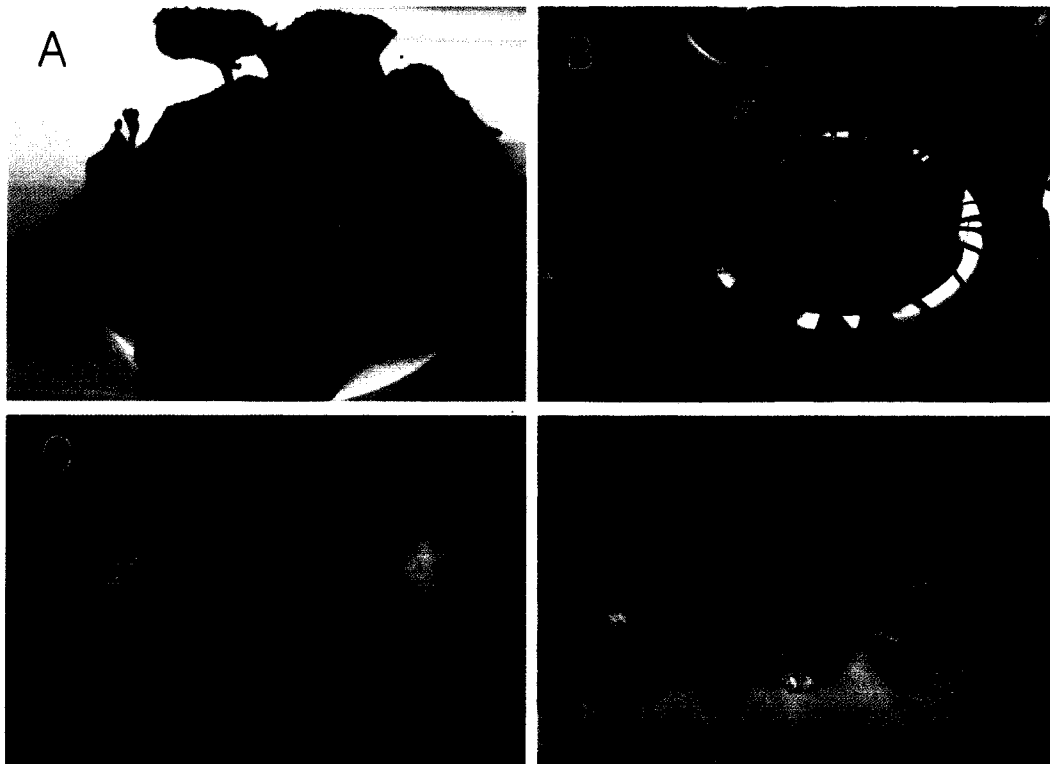


Fig. 1. Characteristics symptoms of *Fusarium* wilt on cyclamen. Yellowing leaves (A), wilting (B), vascular discoloration (C) and artificial inoculation with *Fusarium oxysporum* (D).

농가에서 발생이 많았으며, 더 심한 피해를 나타내었다. 이와 같은 결과는 양액에 의한 병원균 포자의 전반에 의해 병 발생이 급속히 퍼지기는 어렵다는 연구 결과(Rattink, 1990)를 볼 때 상토내 높은 수분함량이 병 진전을 촉진 시키고 병 전파와 관계가 있는 것으로 생각된다.

병원성. 병원균의 분리 및 병원성 검정 결과 시들음병이 발병한 온실에 생육중인 시클라멘 구근에서 *Fusarium* 과 일부 세균이 분리되었으나 분리된 세균은 병원성이 없는 것으로 확인되어 *Fusarium* 균주만이 병원성을 가지고 있었다. 건전한 시클라멘 유묘 뿌리를 2×10^6 conidia/ml

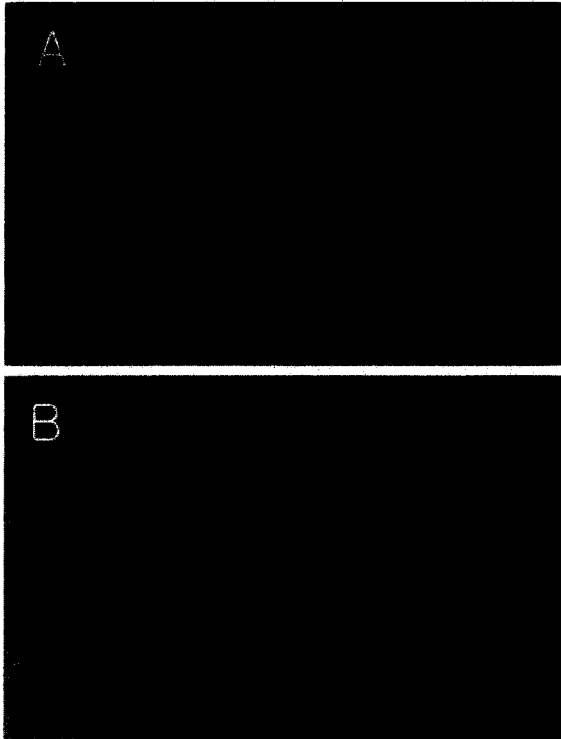


Fig. 2. Macro- and microconidia (A) and chlamydospores (B) of *Fusarium oxysporum* on carnation leaf agar.

의 포자 현탁액에 침지시켜 접종했을 때 접종 후 약 14일에서 20일이 경과하여 잎이 황화되기 시작하였으며(Fig. 1D) 전형적인 시들음 증상을 나타내었다. 또한 발병주는 거의 60일 이내에 모든 포기가 고사하는 병징이 나타났(data not shown).

병원균 동정. 분리된 병원균은 PDA 배지에서 분홍색 또는 보라색 균총을 형성하며, 배지 뒷면에 보라색 색소를 형성하였고 26°C에서 가장 좋은 생육을 나타내었다. CLA 배지에서 난형의 소형분생포자와 대부분 3개의 격벽을 갖는 초생달 모양의 대형분생포자를 형성하였다(Table 2, Fig. 2A). 또한 PDA 배지에서 작은 균핵을 형성하였으며, 분생자경은 단경자(monophialide)로 균사에서 후막포자를 형성하였다(Fig. 2B). 관찰된 균학적 특성을 Nelson 등(1983)과 Burgess 등(1994)의 분류 Key와 비교한 결과 *Fusarium oxysporum*으로 동정하였다.

오염상태에 의한 병발생. 시들음병이 발생한 오염 상태에서 시들음 증상은 정식 10일 후부터 나타나기 시작하였고, 30일 정도가 지나면 거의 80% 이상이 발생되었고, 40일 정도가 지나면 100%에 가까운 발병주율을 나타냈다(Fig. 3). 오염도양에 의한 전염이나 잔존하는 병원균에 의해 이식 후 병 발생이 급속히 진전됨을 알 수 있었다. 병 발생후 1달이 지나면 거의 고사할 정도로 발병도

Table 2. Comparative morphological characteristics of *Fusarium oxysporum* isolated from wilted cyclamen

Characteristics ^a	Present study	<i>Fusarium oxysporum</i> ^b
Colony color	dark purple	dark purple
Microconidia size	14.3 × 3.0 μm	5~18 × 2.0~3.8 μm
septa	1 septate	1 septate
shape	Oval to kidney shaped	Oval to kidney shaped
Macroconidia size	26.4~40.8 × 3.6~4.8 μm	25~50 × 3~4.5 μm
septa	3(~5) septate	Usually 3 septate
shape	Sickle shaped	Sickle shaped
Sclerotia	present	present
Conidiophores	monophialides	monophialides
Chlamydospore	present	present

^aColony color was observed on PDA and micro- and macroconidia were observed on CLA medium.

^bData from Burgess *et al.* (1994) and Nelson *et al.* (1983).

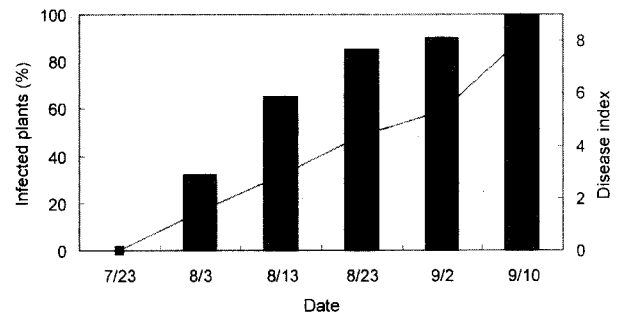


Fig. 3. Effect of infected soil of cyclamen grown in potting mix infested with *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis*. Disease index was rated for 6 steps using scale : 1=no disease, 3=chlorosis of lower leaves, 5= chlorosis of lower and higher leaves, 7=wilting and chlorosis of leaves, 9=plant death.

도 시간이 지날수록 발병도는 계속 증가하였다. 따라서 Tompkins(1972)가 제안한 바와 같이 오염 상태를 피하고 화분에 남아 잔존하는 병원균을 제거하는 것이 이 병을 예방할 수 있는 가장 좋은 방법이라고 생각된다.

저항성 품종 선발. 국내 시판되는 주요 품종에 대한 시클라멘 시들음병 발병도 및 저항성 정도를 조사한 결과 최근 일본이나 프랑스에서 육종한 대부분의 품종들이 시들음병에 감수성임을 알 수 있었다(Table 3). 다만 최근에 육종된 F₁ 계통 품종들이 다소 저항성을 나타내어 슈베르트, 쇼팽, 빅토리아, 메티스레드 등 4품종이 저항성으로 나타났으며, 라벨, 로알라일락, 로알퍼필 등 10품종이 저항성 중도저항성으로 나타났(Table 3). 그러나 *F. oxysporum*의 특성상 병원형의 분류에 따라 품종간에 다

Table 3. Reaction of cyclamen cultivars to Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum*

Line	Cultivar	Disease index ^a	Resistant degree ^b	Origin
NP3	Schubert	1.8	R	Japan Izumi Co.
NP5	Beethoven	5.8	S	
NP6	Chopin	1.8	R	
NP9	Borodin	5.0	S	
NP10	Ravel	2.2	MR	
NP22	Orangelehar	5.0	S	
NP56	-	3.8	MR	
NP66	Newpastel	2.2	MR	
No27	Victoria	1.4	R	
No30	Vavakae	2.6	MR	
No45	Cattleya	2.2	MR	
Piace	-	5.0	S	
Halios	red	4.2	S	France Morel Co.
	white	5.0	S	
	Mix	3.4	MR	
Metis	Purple	5.6	S	
	Red	1.0	R	
Latinia	Miracle white	6.7	S	
	White	5.0	S	
	Deep salmon	8.7	S	
	Brightly rose	9.0	S	
	Rose flame	8.7	S	
Royal	Scarlet red	3.6	MR	
	Lilac	3.8	MR	
	Deep rose	3.3	MR	
	Fuchsia	4.9	MR	
Marvel	Purple	7.5	S	
	Pink shade	8.5	S	
	Softpink	6.0	S	
	Red	5.9	S	
	White	8.5	S	
	Purple	4.2	S	
	Violet	4.5	S	
	Fuchsia	9.0	S	

^aDisease index was rated for 6 steps using scale : 0 = no disease, 3: chlorosis of lower leaves, 5 = chlorosis of lower and higher leaves, 7 = wilting and chlorosis of leaves, 9 = plant death.

^bResistant degree : R=0~1.9, MR=2.0~3.9, S=4.0~9.0.

소 병원성 차이가 있을 것으로 생각된다. 또한 문 등(2001)이 제시한 바와 같이 기타 환경적인 요인이나 토양 조건에 따라 품종간의 저항성 차이에 대해서도 고려되어야 할 것으로 생각된다.

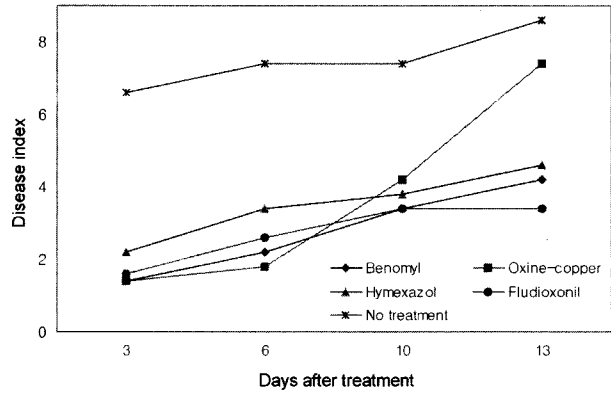


Fig. 4. Control effect of chemicals for the control of Fusarium wilt. Tested chemicals were treated 3 times at 7-day intervals by soil drenching in the pot.

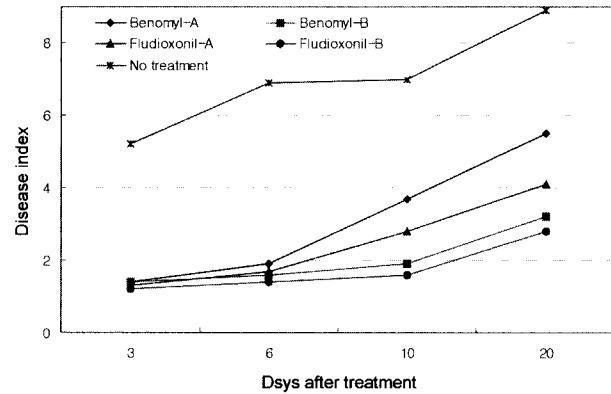


Fig. 5. Preventive effect of Benomyl and Fludioxonil for the control of Fusarium wilt. Benomyl and Fludioxonil were treated after (A) and before (B) inoculation of pathogen, respectively.

방제약제 선발. 처리약제별 시클라멘 시들음병 방제 효과는 최종 약제 처리 3일째까지는 효과가 좋았으나, 처리 기간이 지날수록 발병도가 계속 증가하여 약제 방제 효과가 낮아졌다. 처리 10일째부터는 발병도가 3.4~6.2로 나타나 방제효과가 50%정도로 낮아졌으며 약제중에서는 후루디옥소닐 액상수화제가 발병도 증가가 완만하여 가장 양호하였다(Fig. 4). 한편 다찌가렌 액제의 경우 방제 효과는 일부 인정되나 잎이 마르고 황화되는 등 약해가 발생하여 사용이 불가능한 것으로 생각된다.

시들음병 병원균을 접종 하기전에 약제를 처리하여 시들음병 예방 효과를 검토한 결과는 후루디옥소닐 액상수화제가 베노밀 수화제 보다는 처리 기간이 지날수록 병진전이 완만하여 방제 효과가 양호하였으며 발병도도 낮았다(Fig. 5). 따라서 예방 효과로 일본에서 많이 이용되는 베노밀 수화제(Uchida, 1975) 보다는 후루디옥소닐 액상수화제의 사용이 병 예방에 더 효과적일 것으로 판단된다.

요 약

2001년 8월에서 2002년 7월까지 경기도내 주요 시설하우스 재배지에서 시클라멘 시들음병 발생을 조사한 결과 전지역에서 발생이 확인되었으며, 김포에서는 발병주율이 42.7%까지 되었다. 시들음병 발생은 관행적인 지상관수 방법보다 저면관수에서 발생이 더 심하였다. 발병된 시클라멘 잎은 황화되고 병이 진전되면 고사하였으며 구근에서는 갈변 증상이 관찰되었다. 갈변된 구근 조직에서 병원균을 분리하여 *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis*로 동정하였다. 발병지 상토를 수거하여 시클라멘을 이식했을 때 100% 발병하였다. 저항성 품종 선발에서는 'Matis red', 'Schubert', 'Victoria', 'Chopin'의 4품종만이 저항성 품종으로 검정 되었을뿐 대부분의 품종이 감수성이었다. 시들음병 방제약제 선발 결과 방제 효과는 비교적 낮았으나 병원균 접종 전 약제처리시 베노밀 수화제와 후루디옥소닐 액상수화제의 예방 효과가 인정되었다. 그리고 이 병을 *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis*에 의한 시클라멘 시들음병으로 명명할 것을 제안한다.

참고문헌

- Burgess, L. W., Summerell, B. A., Bullock, S., Gott, K. P. and Backhouse, D. 1994. Laboratory manual for *Fusarium* research. 3rd ed. Univ. of Sydney. 133 pp.
- Elmer, W. H. 2002. Influence of inoculum density of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis* and sodium chloride on cyclamen and the development of Fusarium wilt. *Plant Dis.* 86: 389-393.
- Fisher, N. L., L. W. Burgess, T. A. Toussoun, and P. E. Nelson. 1982. Carnation leaves as a substrate and for preserving cultures of *Fusarium* species. *Phytopathology* 72: 151-153.
- 권기재, 이영근. 2000. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*에 의한 시클라멘의 세균성무름병. *식물병연구* 6(2): 51-53.
- 김병섭, 김학기. 2000. *Botrytis cinerea*에 의한 시클라멘 (*Cyclamen persicum*) 잿빛곰팡이병. *식물병 연구* 6(1): 33-35.
- 김주희, 최정식, 최인영, 정성희, 이왕휴. 1997. *Colletotrichum gloeosporioides* Penz.에 의한 시클라멘 탄저병. *한국식물병리학회지* 13(4): 195-199.
- 문윤기, 김완규, 조원대, 정재모. 2001. 십자화과 채소작물에서의 후사리움 시들음병 발생과 그 원인균의 병원성 분화. *식물병연구* 7(2): 93-101.
- Nelson, P. E., Toussoun, T. A. and Marasas, W. F. 1983. *Fusarium* species. An illustrated manual for identification. The Penn. State Univ. Press. 193 pp.
- Rattink, H. 1990. Epidemiology of Fusarium wilt in cyclamen in an ebb and flow system. *Neth. J. Pl. Path.* 96: 171-177.
- Rattink, H. 1983. Spread and control of fusarium wilt in Carnation on artificial substrates. *Acta Horticulture* 141: 103-109.
- Someya, N., Kataoka, N., T., Komagata, T., Hirayae, K., Hibi, T. and Akutsu, K. 2000. Biological control of cyclamen soilborne diseases by *Serratia marcescens* strain B2. *Plant Dis.* 84: 334-340.
- Tello, F. J., Vares, L., Vares, F. and Mjres, A. 1986. Fusarium wilt of cyclamen in Spain. *Acta Horticulturae* 177: 469-471.
- Tompkins, C. M. and Synder, W. C. 1972. Cyclamen wilt in California and its control. *Plant Dis. Rep.* 56(6): 493-497.
- Uchida, T. Asari, S. and Hosaka, Y. 1974. Benomyl treatment and retention in cyclamen and persistence in the soil, in relation to the effect on the fusarium wilt. *Proceedings of the Kanto Tosan Plant Protection Society* No 21: 72-73.